

= US 5934231

AJ



③ 4223

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 33 142 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 01 L 9/04

- ②1 Aktenzeichen: 197 33 142.4  
②2 Anmeldetag: 31. 7. 97  
④3 Offenlegungstag: 4. 2. 99

Docket # 4223  
INV.: A. Von GAISBERG  
etal.

DE 197 33 142 A 1

|  |   |
|--|---|
| <p>⑦1 Anmelder:<br/>FEV Motorentechnik GmbH &amp; Co. KG, 52078<br/>Aachen, DE</p> <p>⑦4 Vertreter:<br/>Patentanwälte Maxton &amp; Langmaack, 50968 Köln</p> | <p>⑦2 Erfinder:<br/>Schmitz, Günter, Prof. Dr. Ing., 52074 Aachen, DE;<br/>Pischinger, Franz, Prof. Dr., 52072 Aachen, DE</p> |
|--|---|

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤4 Verfahren zur Einleitung der Bewegung eines über einen elektromagnetischen Aktuator betätigten Gaswechselventils
- ⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einleitung der Bewegung wenigstens eines der über elektromagnetische Aktuatoren betätigten Gaswechselventile, das dadurch gekennzeichnet ist, daß der elektrischen Motorsteuerung die Eigenfrequenz des aus den Rückstellfedern und dem Anker mit dem Gaswechselventil gebildeten Feder-Masse-Systems des Aktuators vorgegeben ist, daß von der Motorsteuerung die momentane Drehzahl und die Stellung der Kurbelwelle in bezug auf eine Totpunktlage erfaßt und unter Berücksichtigung der Kurbelwellendrehzahl und der Kurbelwellenstellung, der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems und des Ankerweges von der Ruhestellung bis zur Anlage an der Polfläche eines der beiden Elektromagneten des Aktuators der Zeitpunkt für den Beginn einer abwechselnden Bestromung der Elektromagneten im Takt der Eigenfrequenz errechnet wird, und zwar so, daß unmittelbar vor der möglichen Anlage des Ankers an der Polfläche eines fangenden Magneten die Ankerbewegung und die Kolbenbewegung gleichgerichtet sind.

DE 197 33 142 A 1

USPS EXPRESS MAIL  
EL 871 050 069 US  
DECEMBER 18 2001

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einleitung der Bewegung wenigstens eines der Gaswechselventile an einem Zylinder einer Kolbenmaschine, wobei jedes Gaswechselventil jeweils über einen elektromagnetischen Aktuator betätigbar ist, der einen elektrischen Schließmagneten und einen elektrischen Öffnermagneten aufweist, zwischen denen ein mit dem zu betätigenden Gaswechselventil verbundener Anker gegen die Kräfte von Rückstellfedern hin und her bewegbar geführt ist und wobei die abwechselnde Bestromung des Schließmagneten und des Öffnermagneten über eine elektrische Motorsteuerung gesteuert wird.

Bei Kolbenbrennkraftmaschinen, deren Gaswechselventile jeweils über elektromagnetische Aktuatoren betätigt werden, ist die Möglichkeit einer vollvariablen Ventilsteuerung gegeben. Eine derartige Steuerung erlaubt es beispielsweise, an einer mehrzylindrigen Kolbenbrennkraftmaschine sowohl während des Startvorganges als auch im Betrieb nur einen Teil der Zylinder zu befeuern und die nicht befeuerten Zylinder bei stillgesetzten Gaswechselventilen, vorzugsweise in Öffnungsstellung stillgesetzten Gaswechselventilen, zu betreiben. Hierbei sind dann die übrigen Funktionen wie Kraftstoffeinspritzung und Zündung an den nicht befeuerten Zylindern ebenfalls abgeschaltet. Eine derartige Betriebsweise kann aber auch dann ungewollt auftreten, wenn durch äußere Störeinflüsse ein Gaswechselventil nicht in der vorgesehenen jeweiligen Endstellung vom Schließmagneten oder vom Öffnermagneten gefangen wird, sondern in seiner Mittellage "hängen" bleibt. Dies läßt sich durch eine entsprechende Funktionsüberwachung feststellen, so daß auch hier über die Motorsteuerung die Kraftstoffeinspritzung, die Zündung und die übrigen Gaswechselventile dieses Zylinders zunächst stillgesetzt werden.

Sowohl bei einem gewollt vorgegebenen Aussetzen einzelner Zylinder als auch bei einem Abschalten eines Zylinders aufgrund einer Funktionsstörung besteht die Aufgabe, im laufenden Betrieb das oder die stillgesetzten Gaswechselventile wieder anzuschwingen.

Erfindungsgemäß wird zur Lösung dieses Problems vorgeschlagen, daß der elektromagnetischen Motorsteuerung die Eigenfrequenz des aus den Rückstellfedern und dem Anker mit dem Gaswechselventil gebildeten Feder-Masse-Systems vorgegeben ist, daß von der Motorsteuerung die momentane Drehzahl und die Stellung der Kurbelwelle in bezug auf eine Totpunktlage erfaßt und unter Berücksichtigung der Kurbelwelldrehzahl und der Kurbelwellenstellung, der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems und des Ankerweges von der Ruhestellung bis zur Anlage an der Polfläche eines der beiden Elektromagneten der Zeitpunkt für den Beginn einer abwechselnden Bestromung der Elektromagneten im Takt der Eigenfrequenz errechnet wird und zwar so, daß unmittelbar vor der möglichen Anlage des Ankers an der Polfläche eines fangenden Magneten die Ankerbewegung und die Kolbenbewegung gleichgerichtet sind. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß die Bewegung des anschwingenden Ventils durch die vom hin- und hergehenden Kolben bewirkte Gasströmung in ihrer Bewegung unterstützt wird, insbesondere in der Bewegungsphase unmittelbar beim Erreichen der Schließstellung. Damit kann der Anschwingvorgang durch die Unterstützung der Gaskräfte mit geringerem Energieaufwand durchgeführt werden.

Da im Rechner der Motorsteuerung die jeweils aktuellen Betriebsdaten des Motors vorliegen, ist in einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß der Beginn der Bestromung des elektromagnetischen Aktuators im Takt der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems über die elektrische Motorsteuerung so festgelegt wird, daß der Anker sich kurz

vor seiner Anlage an die Polfläche des fangenden Magneten in Richtung auf die Schließstellung für das betreffende Gaswechselventil bei einer Aufwärtsbewegung des Kolbens bewegt. Damit werden die verhältnismäßig starken, auf das betreffende Gaswechselventil wirkenden Gaskräfte jeweils bei Erreichen der Schließstellung ausgenutzt.

In vorteilhafter weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß nach einem Erkennen der Anlage des Ankers an einer der Polflächen durch die elektrische Motorsteuerung die Elektromagnete dieses elektromagnetischen Aktuators im Arbeitstakt der Kolbenmaschine abwechselnd bestromt werden und damit wieder voll in den für den Motorbetrieb vorgesehenen Steuerungsanlauf einbezogen wird. Gleichzeitig werden dann im vorgesehenen Arbeitstakt und entsprechend der vorgesehenen Zündfolge das Einspritzventil und die Zündung zugeschaltet.

In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß der Beginn der Bestromung der einzelnen elektromagnetischen Aktuatoren einer Kolbenmaschine nacheinander und jeweils nach dem Übergang von der Anschwingsteuerung auf die Arbeitstaktsteuerung des vorausgegangenen elektromagnetischen Aktuators erfolgt. Damit ist insbesondere bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit mehreren Gaswechselventilen, beispielsweise vier Gaswechselventilen je Zylinder, eine spürbare Reduzierung des Energieverbrauchs für das Gesamtsystem möglich, da verglichen mit dem Energieaufwand im normalen Betrieb mit seinen Möglichkeiten der Reduzierung des Stromverbrauchs für den Anschwingvorgang ein größerer Energieaufwand erforderlich ist. Durch das aufeinanderfolgende Anschwingen der einzelnen Gaswechselventile kann durch diese Verfahrensweise eine Entlastung des Bordnetzes erzielt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren sowohl in seinem Grundablauf als auch in den erfindungsgemäßen Ausgestaltungen der Verfahrensschritte kann angewendet werden sowohl bei einem Ausfall der Ventile während des Betriebes als auch beim Anlaßvorgang der Kolbenbrennkraftmaschine, bei dem ggf. die Kolbenbrennkraftmaschine zunächst nicht auf allen Zylindern betrieben wird, weil aus energetischen Gründen unter Berücksichtigung der vorgegebenen Leistungen von Bordnetz und Generator zunächst bei einigen oder sogar bei allen Zylindern die Ventile noch gar nicht angeschwungen werden sondern zunächst einmal abgewartet wird, bis eine bestimmte Drehzahl erreicht ist. Somit kann auch der Anschwingvorgang durch Unterstützung der Gaskräfte mit geringerem Energieaufwand durchgeführt werden.

Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipzeichnung eines Vierzylinder-Viertakt-Ottomotors mit elektromagnetischen Aktuatoren für die Gaswechselventile,

Fig. 2 einen elektromagnetischen Aktuator im Schnitt in vergrößerter Darstellung.

In Fig. 1 ist schematisch ein Viertakt-Vierzylinder-Ottomotor mit seinen Zylindern I, II, III, IV dargestellt. Die einzelnen Zylinder weisen jeweils ein Gaseinlaßventil 1 und ein Gasauslaßventil 2 auf, wobei die beiden Gaswechselventile 1, 2 jeweils über einen elektromagnetischen Aktuator 3.1 und 3.2 betätigbar sind. Das Gaseinlaßventil 1 verschließt einen Gaseinlaßkanal 4, in den eine Einspritzdüse 5 mündet, die ihrerseits über einen elektromagnetischen Aktuator 6 betätigbar ist. Das Gasauslaßventil 2 verschließt hierbei einen Gasauslaßkanal 7.

Die elektromagnetischen Aktuatoren 3.1 und 3.2 der Gaswechselventile sowie die elektromagnetischen Aktuatoren 6 der Kraftstoffeinspritzdüsen 5 werden über eine elektrische

Steuereinrichtung 8 angesteuert, die die jeweils gewünschte Lastvorgabe, beispielsweise über ein Gaspedal 9, erhält. Der elektrischen Steuereinrichtung 8 werden, wie bei modernen elektronischen Motorsteuerungen üblich, auch weitere, für den Betrieb erforderliche Daten vorgegeben, so beispielsweise das abgegebene Drehmoment, Kühlwassertemperatur und weitere für eine optimale Steuerung und Regelung des Betriebsablaufs erforderliche Werte. Außerdem wird über einen entsprechenden Geber 10 die jeweilige Motordrehzahl der Steuerung zugeführt. Über diesen Drehzahlgeber kann zugleich auch die Kurbelstellung und damit die Kolbenstellung zumindest eines Zylinders vorgegeben werden, so daß eine paßgenaue und zeitgenaue drehzahlproportionale Ansteuerung der einzelnen elektromagnetischen Aktuatoren möglich ist ebenso wie eine betriebsabhängige jedoch voneinander unabhängige Veränderung der Betätigungszeiten der jeweiligen Gaseinlaßventile und Gasauslaßventile an den einzelnen Zylindern.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, besteht der elektromagnetische Aktuator eines Gaswechselventils im wesentlichen aus zwei im Abstand zueinander angeordneten Elektromagneten 11 und 12, die mit ihren Polflächen P11 und P12 gegeneinander gerichtet sind. Zwischen den beiden Elektromagneten 11 und 12 ist ein Anker 13 hin und her bewegbar geführt, der über eine Betätigungsstange 14 auf ein Gaswechselventil, beispielsweise das Gaseinlaßventil, einwirkt. Das Gaswechselventil ist mit einer Schließfeder 15 verbunden, die das Gaswechselventil in Schließstellung zu ziehen versucht. Der Schließfeder 15 ist eine Öffnungsfeder 16 zugeordnet, deren Kraftwirkung gegen die Kraftwirkung der Schließfeder 15 wirkt. Bei stromlos gesetzten Elektromagneten nimmt somit der Anker 13 eine mittlere Position zwischen den beiden Elektromagneten ein. Die Feder 16 wirkt in bezug auf den als Schließmagneten dienenden Elektromagneten 11 als Rückstellfeder ebenso wie die Schließfeder 15 für den als Öffnermagneten 12 dienenden Elektromagneten als Rückstellfeder wirkt. Werden die beiden Elektromagneten über die elektrische Steuereinrichtung 8 abwechselnd bestromt, so kann das Gaswechselventil entsprechend dem durch die elektrische Steuerung 8 vorgegebenen Takt geöffnet und geschlossen werden.

Erreicht beispielsweise der Anker des Gaseinlaßventils 1 am Zylinder IV entsprechend Fig. 1 durch eine äußere Störung nicht seine für den betreffenden Bewegungstakt vorgesehene Anlage an der entsprechenden Polfläche sondern schwingt in seine Mittelstellung zurück und kann mit der normalen "Betriebssteuerung" nicht mehr gestartet werden. Über die Motorsteuerung wird der Ventilstillstand mittels hier nicht näher zu beschreibenden Einrichtungen, beispielsweise dem Anker zugeordnete Bewegungssensoren, den Strom- und/oder Spannungsverlauf der Aktuatoren registrierenden Elementen der Motorsteuerung oder dgl. festgestellt und über ein Stellsignal sofort die Kraftstoffeinspritzung durch die Einspritzdüse 5 inaktiviert sowie die hier nicht näher dargestellte Zündung ausgeschaltet und auch der elektromagnetische Aktuator 3.2 des Gasauslaßventils 2 abgeschaltet, so daß auch das Gasauslaßventil in der Öffnungsstellung der Mittellage verbleibt und beim weiteren Betrieb des Motors über die verbleibenden funktionstüchtigen Zylinder der ausgefallene Zylinder kompressionslos zunächst weiter mitgedreht werden kann.

Da wie vorstehend bereits angedeutet, alle betriebsrelevanten Parameter in der elektrischen Steuerung 8 vorliegen, kann über entsprechende Prozeßrechner sogar bewerkstelligt werden, daß bei Ausfall eines Zylinders über eine entsprechende Änderung, d. h. Erhöhung der Kraftstoffzufuhr zu den verbleibenden Zylindern, und die hierzu erforderlichen Änderungen der Ventilsteuerzeiten, die Leistung der

verbleibenden drei Zylinder so erhöht werden, daß annähernd die Leistung des ausgefallenen Zylinders 4 kompensiert wird.

Ohne die vorstehend beschriebene Leistungserhöhung, d. h. unmittelbar nach Stillsetzung der Funktion am Zylinder IV oder aber nach der vorgeschriebenen Leistungserhöhung der noch arbeitenden Zylinder werden nun über das "Startprogramm" der Motorsteuerung entsprechend dem eingangs beschriebenen Verfahren die beiden Gaswechselventile nacheinander oder auch gleichzeitig angeschwungen. Sobald über die Motorsteuerung der einwandfreie Bewegungsablauf der Gaswechselventile wieder erkannt wird, wird die Kraftstoffeinspritzung und die Zündung wieder zugeschaltet, so daß der betreffende Zylinder wieder voll seinen Leistungsanteil übernehmen kann. Eine zuvor vorgenommene Leistungserhöhung der anderen Zylinder wird wieder zurückgenommen.

Das Verfahren läuft auch in gleicher Weise ab, wenn über die Motorsteuerung gezielt einzelne Zylinder stillgesetzt werden, so beispielsweise für den Leerlaufbetrieb oder auch im geringen Teillastbetrieb, bei dem trotz der vom Motor abzugebenden geringen Leistungen die arbeitenden Zylinder mit voller Leistung oder doch mit nahezu voller Leistung arbeiten können.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde vorstehend für die Anwendung bei einer Kolbenbrennkraftmaschine beschrieben. Es ist gleicher Weise jedoch möglich, dieses Verfahren auch für die Ventilsteuerung bei einem Kolbenverdichter einzusetzen, dessen Gaswechselventile nicht als selbsttätige Rückschlagventile ausgebildet sind sondern über elektromagnetische Aktuatoren mit Hilfe einer entsprechenden Ventilsteuerung angesteuert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Einleitung der Bewegung wenigstens eines der Gaswechselventile an einem Zylinder einer Kolbenmaschine, wobei jedes Gaswechselventil jeweils über einen elektromagnetischen Aktuator betätigbar ist, der einen elektrischen Schließmagneten und einen elektrischen Öffnermagneten aufweist, zwischen denen ein mit dem zu betätigenden Gaswechselventil verbundener Anker gegen die Kräfte von Rückstellfedern hin und her bewegbar geführt ist und wobei die abwechselnde Bestromung des Schließmagneten und des Öffnermagneten über eine elektrische Motorsteuerung gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der elektrischen Motorsteuerung die Eigenfrequenz des aus den Rückstellfedern und dem Anker mit dem Gaswechselventil gebildeten Feder-Masse-Systems vorgegeben ist, daß von der Motorsteuerung die momentane Drehzahl und die Stellung der Kurbelwelle in bezug auf eine Totpunktlage erfaßt und unter Berücksichtigung der Kurbelwellendrehzahl und der Kurbelwellenstellung, der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems und des Ankerweges von der Ruhestellung bis zur Anlage an der Polfläche eines der beiden Elektromagneten der Zeitpunkt für den Beginn einer abwechselnden Bestromung der Elektromagneten im Takt der Eigenfrequenz errechnet wird und zwar so, daß unmittelbar vor der möglichen Anlage des Ankers an der Polfläche eines fangenden Magneten die Ankerbewegung und die Kolbenbewegung gleichgerichtet sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Beginn der Bestromung des elektromagnetischen Aktuators im Takt der Eigenfrequenz des Feder-Masse-Systems über die elektrische Motorsteuerung so festgelegt wird, daß der Anker sich kurz vor

seiner Anlage an die Polfläche des fangenden Magneten in Richtung auf die Schließstellung für das betreffende Gaswechselventil bei einer Aufwärtsbewegung des Kolbens bewegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Erkennen der Anlage des Ankers an einer der Polflächen durch die elektrische Motorsteuerung die Elektromagnete diese elektromagnetischen Aktuatoren im Arbeitstakt der Kolbenmaschine abwechselnd bestromt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Beginn der Bestromung der einzelnen elektromagnetischen Aktuatoren einer Kolbenmaschine nacheinander und jeweils nach dem Übergang von der Anschwingsteuerung auf die Arbeitstaktsteuerung der Aktuatoren des vorausgegangenen elektromagnetischen Aktuators erfolgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 197 33 142 A  
F 01 L 9/04  
4. Februar 1999



